

Relaciones entre el salto vertical y la velocidad de mae-geri en karatecas de nivel internacional, especialidad kata

Relationships between Vertical Jump and Mae-Geri Speed in International Class Karatekas Specialising in Kata

VÍCTOR MARTÍNEZ-MAJOLERO

Colegio Santa Isabel de Madrid (España)

CARLOS BALSALOBRE-FERNÁNDEZ

Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana
Universidad Autónoma de Madrid (España)

JORGE VILLACIEROS-RODRÍGUEZ

Federación Madrileña de Karate (España)

CARLOS M.ª TEJERO-GONZÁLEZ

Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Correspondencia con autor

Carlos M.ª Tejero-González
carlos.tejero@uam.es

Resumen

El presente trabajo persiguió dos objetivos: (1) describir la capacidad de salto vertical y la velocidad y el tiempo de ejecución de la técnica de pierna frontal mae-geri en karatecas de nivel internacional y (2) analizar el grado de covariación entre dichas variables. Los participantes fueron 13 karatecas españoles masculinos de nivel internacional, estilo shito-ryu y especialidad de katas. El estudio siguió un diseño descriptivo y correlacional. Las variables analizadas fueron: salto vertical CMJ, medido con una plataforma de infrarrojos Optojump, y velocidad y tiempo de ejecución de patada mae-geri, medida con una cámara de alta velocidad (Casio EXFC-100). Los datos registrados fueron: altura media de salto de $48,7 \pm 0,12$ cm; velocidad media de mae-geri de $19,8 \pm 1,9$ km/h y de $19,6 \pm 1,4$ km/h, y tiempo de ejecución de dicha patada de $264,85 \pm 28,14$ ms y de $274,69 \pm 18,4$ ms, pierna dominante y no dominante respectivamente. Las intensidades de correlación se situaron entre $r = 0,72$ y $r = -0,80$. El salto vertical mantuvo una relación alta y estadísticamente significativa con la velocidad y el tiempo de ejecución de la patada mae-geri, técnica de gran importancia en las katas de competición en karate. Esta información puede ser valiosa tanto para planificar el entrenamiento mediante pruebas simples y de bajo coste como para detectar talentos.

Palabras clave: alto rendimiento, karate, fuerza explosiva, valoración

Abstract

Relationships between Vertical Jump and Mae-Geri Speed in International Class Karatekas Specialising in Kata

This study pursued two objectives: (1) to describe the vertical jumping ability and speed and execution time of the mae-geri front leg technique in international level karatekas, and (2) to analyse the degree of covariation between these variables. The participants were 13 male Spanish international level karatekas, shito-ryu style and specialising in kata. The study followed a descriptive correlational design. The variables analysed were CMJ vertical jump, measured by an Optojump infrared platform, and speed and execution time of a mae-geri kick, measured by a high speed camera (Casio EXFC-100). The average jump height was 48.7 ± 0.12 cm, the average speed of mae-geri was 19.8 ± 1.9 kph and 19.6 ± 1.4 kph, and the execution time of the kick was 264.85 ± 28.14 m/s and 274.69 ± 18.4 m/s, dominant and non-dominant leg respectively. The correlation intensities ranged from $r = 0.72$ to $r = -0.80$. The vertical jump had a high and statistically significant relationship with the speed and execution time of the mae-geri kick, a very important technique in competition kata in karate. This information may be helpful in order to plan training through simple and low cost tests and to detect talent.

Keywords: high performance, karate, explosive strength, assessment

Introducción

El karate es una especialidad deportiva con unas necesidades de producción de fuerza en la unidad de tiempo, o fuerza explosiva, muy altas (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983; Busko & Wit, 2002; Chaabène, Hachana, Franchini, Mkaouer, & Chamari, 2012; Pozo, Bastien, & Dierick, 2011; Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Scattone-Silva, Lessi, Lobato, & Serrão, 2012). En concreto, los karatekas necesitan producir movimientos de miembros superiores e inferiores a altas velocidades (como técnicas de pierna y puño) para alcanzar un rendimiento deportivo satisfactorio, no sólo porque se haya demostrado que los karatekas de élite tienen mayores niveles de fuerza explosiva que los de menor experiencia deportiva (Doria et al., 2009; Pozo et al., 2011; Ravier et al., 2004), sino porque la velocidad de ejecución es uno de los criterios fundamentales de puntuación en las competiciones de kata (Chaabène et al., 2012).

Probablemente, la prueba más utilizada en el ámbito del entrenamiento deportivo para inferir la fuerza explosiva de los miembros inferiores de los deportistas es el salto vertical, o *counter movement jump* (de aquí en adelante, CMJ) (Gorostiaga et al., 2004; Izquierdo, Ibanez, Gonzalez-Badillo, & Gorostiaga, 2002; Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011; Shalfawi, Sabbah, Kailani, Tonnessen, & Enoksen, 2011). Esto es así debido a su fácil medición, su escasa o nula interferencia con el entrenamiento deportivo (apenas produce fatiga) y su gran sensibilidad para detectar cambios en el rendimiento físico, entre otros factores (Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011). Así, el CMJ ha sido utilizado en numerosos estudios científicos para evaluar la fuerza explosiva de los miembros inferiores de deportistas de especialidades muy diversas (Cormack, Newton, McGuigan, & Cormie, 2008; De Villarreal, Izquierdo, & Gonzalez-Badillo, 2011; Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011; López-Segovia, Marques, Vam den Tillaar, & González-Badillo, 2011), entre las cuales se encuentra el karate (Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004). Por ejemplo, Ravier et al. (2004) proponen la utilización del CMJ para evaluar la fuerza explosiva de karatekas de competición pues, entre otras conclusiones, en su estudio comprobaron que los de mayor nivel se diferenciaban de los de menor nivel por su capacidad de salto vertical.

Sin embargo, la mayor expresión de fuerza explosiva en el karate se encuentra en la velocidad de sus movimientos, generalmente técnicas de piernas y puños unilaterales, por lo que su medición es clave para valorar el estado de

forma y el nivel competitivo de estos deportistas (Busko & Wit, 2002; Chaabène et al., 2012; Pozo et al., 2011; Ravier et al., 2004; Scattone-Silva et al., 2012; Vences-Brito, Rodrigues Ferreira, Cortes, Fernandes, & Pezarat-Correia, 2011). De hecho, en taekwondo, disciplina de mayor difusión por su presencia en juegos olímpicos, la valoración de la velocidad y el tiempo de ejecución de las técnicas de pierna y puño constituyen un pilar fundamental en el análisis del rendimiento deportivo (Jakubiak & Saunders, 2008; Lee, Jung, Shin, & Lee, 2001; Pieter, 1991; Young Kwan, Yoon Hyuk, & Shin Ja, 2011).

En concreto, la técnica más estudiada en las escasas investigaciones publicadas sobre cinemática y cinética del karate es la técnica de pierna frontal o mae-geri (Pozo et al., 2011; Sforza et al., 2002). Dichos estudios utilizan diversos análisis valiéndose de cámaras de alta velocidad y/o marcadores biomecánicos para medir la velocidad/tiempo de ejecución de la patada mae-geri. Por su parte, Pozo et al. (2011) midieron la velocidad del mae-geri mediante cámaras de alta velocidad en karatekas nacionales e internacionales y observaron que los karatekas internacionales ejecutaban significativamente más rápido dicha técnica que los de menor nivel competitivo. Así, estos autores proponen la evaluación de la velocidad del mae-geri para valorar el nivel competitivo de los karatekas. A conclusiones similares llegaron Sforza et al. (2002), quienes también encontraron que la ejecución del *mae-geri* puede ser un indicador relevante para seleccionar talentos deportivos.

Como vemos, la medición tanto del salto vertical como de la velocidad del mae-geri parece tener una gran importancia en la valoración de la fuerza explosiva y el nivel competitivo de los karatekas (Chaabène et al., 2012; Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004; Scattone-Silva et al., 2012) pero, sin embargo, hasta donde llega nuestro conocimiento no existen estudios que analicen la relación entre ambas variables en karatekas de nivel internacional. Conocer dicha relación es de gran importancia para el entrenamiento deportivo del karate pues, por un lado, permite identificar el perfil físico de los karatekas con mayor nivel de rendimiento deportivo y, por otro lado, puede ayudar a evaluar los valores de una variable en función de la otra. En particular, sería de gran utilidad para los entrenadores de karate conocer si el salto vertical puede explicar un porcentaje significativo de la velocidad de ejecución del mae-geri pues, de ser así, podría estimarse dicha velocidad mediante una prueba económica y sencilla como es el CMJ. Por último, identificar el nivel de relación de

N	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	IMC
13	21 ± 3,4	168,5 ± 6,69	66,8 ± 7,3	20,01 ± 1,67

Logros deportivos de la muestra como colectivo:

- Campeonato del Mundo: 1 medalla de oro, 4 medallas de plata, 6 medallas de bronce.
- Campeonato de Europa: 22 medallas de oro, 19 medallas de plata, 25 medallas de bronce.

Tabla 1. Características de la muestra

ambas variables podría ayudar en el proceso de detección de talentos deportivos.

De este modo, nuestra investigación tuvo dos objetivos principales: (1) describir la capacidad de salto vertical y la velocidad de ejecución de la técnica de pierna frontal *mae-geri* en karatekas de nivel internacional y (2) estudiar la relación entre ambas variables. Teniendo en consideración lo argumentado hasta aquí, la hipótesis de nuestro estudio fue la siguiente: el salto vertical CMJ correlacionará de forma significativa con la velocidad y el tiempo de ejecución del *mae-geri* en un grupo de karatekas de nivel internacional.

Método

Participantes

La muestra estuvo formada por 13 karatekas españoles masculinos de alto nivel y experiencia en competiciones internacionales, con un total de 77 medallas en campeonatos de Europa y del Mundo en categorías senior y junior. Como criterio de inclusión se estableció que los deportistas tenían que haber participado en alguna competición internacional. Los participantes tenían una edad entre 15 y 27 años, una talla entre 157 y 177 cm, un peso entre 56,2 y 72,5 kg y un IMC entre 20,01 y 25,16. Su participación fue voluntaria y consentida. Se ha respetado la Declaración de Helsinki y el estudio fue aprobado y autorizado por la Federación Madrileña de Karate (España) (tabla 1).

Diseño y procedimiento

El estudio siguió un diseño descriptivo y correlacional. Los participantes realizaron el mismo calentamiento, el cual fue dirigido por un maestro en karate, cinturón negro 3^{er} DAN y entrenador nacional de karate. El calentamiento consistió en 10 minutos de carre-

ra continua combinado con diez flexiones de pierna y diez saltos. Luego realizaron quince flexiones de brazos. Para acabar los deportistas realizaron 20 tsukis y 20 *mae-geris*. Posteriormente, se procedió a la medición de las variables en el siguiente orden: salto vertical CMJ y velocidad de ejecución de la patada *mae-geri*, siguiendo el orden de menor a mayor carga metabólica como aconseja la NSCA (Coburn & Malek, 2011). El estudio fue llevado a cabo en las instalaciones deportivas de la Federación Madrileña de Karate.

Salto vertical CMJ

Para la medición del tren inferior se realizó el test de salto vertical CMJ (Bosco et al., 1983) en una plataforma de infrarrojos Optojump, cuya fiabilidad y validez ha sido demostrada (Glatthorn et al., 2011). Las manos se situaron en las caderas y el salto se realizó de forma enérgica intentando llegar lo más alto posible. Los deportistas realizaron tres intentos, tomando en consideración la media de los tres. El valor de cada salto se obtuvo en centímetros.

Velocidad de *mae-geri*

La patada *mae-geri* se realizó desde la posición anatómica, en bipedestación con los pies abiertos a la anchura de las caderas y los brazos estirados a lo largo del cuerpo. Dicha técnica se divide en 3 fases bien descritas en Pozo et al. (2011), y básicamente consiste en un flexión de la cadera en el plano sagital, con la rodilla flexionada, y una posterior extensión de rodilla hacia delante en dicho plano. Para la medición de la velocidad de la patada *mae-geri*, se utilizó una cámara de alta velocidad (Casio EXFC-100) con una frecuencia de 240 frames por segundo y una calidad de 448×336 píxeles con la que se grabó cada patada de los karatekas. La cámara se colocó en un trípode situado de manera perpendicular al plano sagital de los deportistas y a una distancia de los mismos de 2,5 metros, lo que permitía grabar a los sujetos de perfil desde los pies hasta la cabeza. Se colocó un marcador en los maléolos externos de cada deportista que servía como marcador de posición y, con ellos, cada deportista realizó 3 *mae-geri* con cada pierna. Posteriormente, se analizó cada vídeo grabado mediante el *software* Kinovea 0.8.15 para Windows, con el que se obtuvieron datos de velocidad media y tiempo de ejecución de cada patada. Para ello, el *software* tomó como referencia los marcadores de los maléolos externos y se

	CCI	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Probabilidad Shapiro-Wilk
Salto vertical CMJ (cm)	,75	46,42	4,20	40,20	52,90	,551
Mae-geri, pierna dominante						
• Velocidad media (km/h)	,92	19,8	1,9	17,6	24,3	,165
• Tiempo de ejecución (ms)	,84	264,85	28,14	219	304	,512
Mae-geri, pierna no dominante						
• Velocidad media (km/h)	,82	19,6	1,4	16,8	21,8	,650
• Tiempo de ejecución (ms)	,74	274,69	18,40	247	300	,211

Tabla 2.
Valores
descriptivos

consideró el inicio del movimiento el punto en el que el pie deja de contactar el suelo, y como fin del movimiento el punto en el que la velocidad de desplazamiento del marcador se vuelve cero, en la última fase de extensión del mae-geri. Una vez analizados todos los vídeos, se seleccionó la mejor velocidad media (en km/h) y el mejor tiempo de ejecución (en ms) del mae geri de cada deportista. Los datos son fiables: dos analizadores realizaron el análisis de los vídeos de forma independiente y por separado, obteniendo un Coeficiente de Correlación Intraclass de 0,91.

Análisis de los datos

Se estimó la fiabilidad de las medidas mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y se procedió con estadística descriptiva estimándose la media aritmética, la desviación típica y los valores mínimo y máximo. Se testó la normalidad de las variables mediante el estadístico Shapiro-Wilk. Asimismo, se procedió con prueba T para muestras relacionadas y se analizó el nivel de asociación entre las variables con el coeficiente de correlación de Pearson. El nivel de confianza establecido fue del 95 % ($p < ,05$). Los resultados fueron estimados con ayuda del programa informático IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corporation, USA).

Resultados

Objetivo 1. Valores descriptivos

Todas las mediciones fueron suficientemente fiables con coeficientes de correlación intraclass entre ,74 y ,92, estadísticamente significativos ($p < ,05$). Respecto al salto vertical CMJ, los karatecas obtuvieron una capacidad media de salto de 46,42 cm ($\pm 4,20$). Respecto a la ejecución de mae-geri de la

Mae-geri	Salto vertical
Pierna dominante	Velocidad media ,760**
	Tiempo de ejecución -,803**
Pierna no dominante	Velocidad media ,715**
	Tiempo de ejecución -,747**
** $p < ,01$.	

Tabla 3. Correlaciones entre variables

pierna dominante, los deportistas alcanzaron una velocidad media de 19,8 km/h ($\pm 1,9$) y el tiempo de ejecución fue de 264,85 ms ($\pm 28,14$). En relación con la pierna no dominante, la velocidad media fue de 19,6 km/h ($\pm 1,4$) y el tiempo de ejecución de 274,69 ms ($\pm 18,40$). Todas las variables aportaron valores que se distribuyeron normalmente ($p > ,05$) (tabla 2).

Asimismo, de forma paralela y como dato complementario, se contrastaron las variables relacionadas con el mae-geri en función de la lateralidad de pierna. Los resultados indicaron que no hay diferencia entre la velocidad media de la pierna dominante y la no dominante ($t = ,775$; $gl = 12$; $p = ,45$), ni tampoco en el tiempo de ejecución entre una pierna y otra ($t = -1,63$; $gl = 12$; $p = ,12$).

Objetivo 2. Relación entre variables

Las diversas correlaciones entre el salto vertical y las variables relacionadas con la ejecución del mae-geri son estadísticamente significativas, con altas intensidades de asociación entre ,76 y -,80 (tabla 3).

Discusión y conclusiones

Respecto al primer objetivo del presente estudio –la descripción de la capacidad de salto y la velocidad y

tiempo de ejecución del mae-geri en karatekas de nivel internacional-, nuestros resultados confirman la necesidad de alcanzar unos grandes niveles en dichas variables relacionadas con la fuerza explosiva para obtener un alto rendimiento en karate (Chaabène et al., 2012; Koropanovski et al., 2011; Ravier et al., 2004) debido a la magnitud de los valores encontrados. Por un lado, se ha encontrado que este grupo de karatekas de alto éxito internacional (77 medallas de oro a bronce en campeonatos senior y junior de Europa y del Mundo) tiene tiempos de ejecución en la técnica de pierna de frontal mae-geri más bajos que taekwondistas de alto nivel (Young Kwan et al., 2011), lo que implica una mayor velocidad media en la realización de dicha técnica. Además, hay que tener en cuenta que los taekwondistas sólo compiten en combate y la gran mayoría de sus técnicas son técnicas de pierna (Jakubiak & Saunders, 2008; Lee et al., 2001; Pieter, 1991) por lo que el tiempo de ejecución de técnicas de pierna encontrado en este estudio puede considerarse notablemente alto. Por otro lado, los valores de salto también se encuentran en niveles muy altos ($M = 48,7$ cm, $DT = 0,12$), y si bien no llegan al nivel de deportistas especializados en dicha capacidad, como los jugadores de baloncesto o voleibol (Hertogh & Hue, 2002; Ostojic, Mazic, & Dikic, 2006; Shalfawi et al., 2011), son incluso ligeramente más elevados que los de atletas de 400 metros vallas de alto nivel, en los que la fuerza explosiva también juega un papel muy importante (Balsalobre-Fernández, del Campo-Vecino, Tejero-González, & Alonso-Curiel, 2012). Estos datos sugieren que para conseguir éxitos deportivos internacionales en karate, especialidad katas, es necesario alcanzar unos valores de fuerza explosiva muy elevados.

En cuanto al segundo objetivo de nuestro estudio –el análisis de las correlaciones entre la velocidad y el tiempo de ejecución del mae-geri y el salto vertical-, se han obtenido valores elevados que ponen de manifiesto la estrecha asociación entre dichas variables. Por un lado, cabe destacar que la mayor de las correlaciones se ha obtenido con el tiempo de ejecución del mae-geri y el salto vertical ($r = -0,80/-0,75$, pierna dominante y no dominante respectivamente). Del mismo modo, se ha encontrado una correlación elevada entre la velocidad media del mae-geri y el salto vertical ($r = 0,76/0,72$, pierna dominante y no dominante respectivamente), aunque de menor intensidad que la observada entre el tiempo de ejecución y el salto. Esta diferencia podría deberse al propio error de medida mediante el seguimiento de los marcadores a través del *software* biomecáni-

co. Como es bien sabido, la velocidad y el tiempo están relacionados linealmente, de tal manera que un menor tiempo de ejecución en el mae-geri conlleva ineludiblemente una mayor velocidad media en dicho ejercicio con una asociación teóricamente perfecta ($r = 1$). Sin embargo, mientras que el tiempo de ejecución es muy sencillo de medir y ofrece valores altamente precisos mediante el uso de una cámara de alta velocidad y el *software* Kinovea (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, del Campo-Vecino, & Bavaresco, en imprenta), la velocidad del movimiento estimada a través de los marcadores implica un cierto error de medida que hace que los valores de una y otra variable no estén perfectamente relacionados. De este modo, la velocidad de movimiento exige al *software* seguir un marcador, estimar su distancia recorrida, y en función del tiempo utilizado, calcular el valor final. Por eso, pequeñas variaciones en la determinación de la posición del marcador impide que los valores de velocidad obtenidos no se correspondan totalmente con el del tiempo de la ejecución. En definitiva, el salto vertical ha evidenciado un alto porcentaje de asociación con la rapidez de ejecución del mae-geri ($r^2 = 0,56-0,65$, es decir, 56-65 % de la varianza del mae-geri está asociado al salto vertical), variable que es de gran importancia en el karate y explícitamente valorada por los jueces en la competición.

En resumen, los datos encontrados en nuestro estudio nos permiten concluir, por un lado, que es muy probable que para alcanzar un alto rendimiento deportivo internacional en karate, especialidad katas, sea necesario poseer unos valores de salto vertical y de velocidad de mae-geri notablemente elevados y, por otro lado, que el salto vertical es una prueba muy recomendable para evaluar la fuerza explosiva de los karatekas pues, además de estar muy extendida tanto en el karate como en otros deportes (Hakkinen, 1993; Hertogh & Hue, 2002; Ravier et al., 2004), presenta unos niveles de correlación muy significativas con la velocidad y el tiempo de ejecución de una de las técnicas más usadas en las katas de competición.

A pesar de estos hallazgos, son necesarias más investigaciones para permitir definir con exactitud las necesidades de fuerza de los karatekas de alto nivel competitivo, para así poder perfeccionar las estrategias y métodos de entrenamiento con el objetivo de conseguir mayores éxitos deportivos. En este sentido, sería de gran interés conocer si la producción de fuerza en ejercicios como el *press* de banca y la sentadilla tienen una relación estrecha con la velocidad de ejecución de las técnicas de

puño y pierna más representativos del karate pues, de ser así, podrían proponerse programas de entrenamiento de fuerza con cargas óptimas para mejorar su nivel de rendimiento. En concreto, variables como la *rate of force development* (RFD), indicador que representa la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo (Blazevich, 2012; Hartmann et al., 2012; Lamas et al., 2012), es decir, la fuerza explosiva máxima, no ha sido investigada en karatecas, y su estudio podría ser clave tanto para detectar talentos como para entender la capacidad de producir fuerza en karatecas de distintos niveles competitivos.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe ningún estudio que analice las relaciones entre la velocidad y el tiempo de ejecución en karatecas de nivel internacional.

Referencias

- Balsalobre-Fernández, C., Del Campo-Vecino, J., Tejero-González, C., & Alonso-Curiel, D. (2012). Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocenistas de alto rendimiento. *Apunts. Educación Física y Deportes* (108), 53-59.
- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C., Del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (en imprenta). Concurrent validity and reliability of a method based on a low-cost high-speed camera to measure flight time of vertical jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Blazevich, A. (2012). Are training velocity and movement pattern important determinants of muscular rate of force development enhancement? *European Journal of Applied Physiology*, 112(10), 3689-3691. doi:10.1007/s00421-012-2352-6
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). Simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50(2), 273-282. doi:10.1007/BF00422166
- Busko, K., & Wit, B. (2002). Force-velocity relationship of lower extremity muscles of karate athletes and rowers. *Biology of Sport*, 19(4), 373-384.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Coburn, J. W., & Malek, M. H. (2011). *NSCA's Essentials of Personal Training* (2.^a ed.). Human Kinetics Publishers.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Cormie, P. (2008). Neuromuscular and Endocrine Responses of Elite Players During an Australian Rules Football Season. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 3(4), 439-453.
- De Villarreal, E. S. S., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. (2011). Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3274-3281. doi:10.1519/JSC.0b013e3182163085
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. A., Aschieri, P., Eusebi, F., ... Pietrangeli, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5), 603-610. doi:10.1007/s00421-009-1154-y
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impeglizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556-560. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cccb18d
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., & Ibáñez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 698-707. doi:10.1007/s00421-003-1032-y
- Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 33(1), 19-26.
- Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C., & Schmidtbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261. doi:10.1519/JSC.0b013e31824ede62
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424-2433. doi:10.1519/JSC.0b013e3182030edb
- Hertogh, C., & Hue, O. (2002). Jump evaluation of elite volleyball players using two methods: jump power equations and force platform. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 42(3), 300-303.
- Izquierdo, M., Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (Eds.). (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 332-343.
- Jakubiak, N., & Saunders, D. H. (2008). The feasibility and efficacy of elastic resistance training for improving the velocity of the Olympic Taekwondo turning kick. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1194-1197. doi:10.1519/JSC.0b013e31816d4f66
- Jiménez-Reyes, P., & González-Badillo, J. J. (2011). Monitoring training load through the CMJ in sprints and jump events for optimizing performance in athletics. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 7(18), 207-217.
- Koropanovski, N., Berjan, B., Bozic, P. R., Pazin, N., Sanader, A., Jovanovic, S., & Jaric, S. (2011). Anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors. *Journal of Human Kinetics*, 30, 107-114. doi:10.2478/v10078-011-0078-x
- Lamas, L., Ugrinowitsch, C., Rodacki, A., Pereira, G., Mattos, E. C., Kohn, A. F., & Tricoli, V. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3335-3344. doi:10.1519/JSC.0b013e318248ad16
- Lee, S. H., Jung, C. J., Shin, S. H., & Lee, D. W. (2001). An analysis of the angular momentum of dolyeochagi in taekwondo. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 13(1), 18-32.
- López-Segovia, M., Marques, M. C., Vam den Tillaar, R., & González-Badillo, J. (2011). Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in u21 soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 30, 135-144. doi:10.2478/v10078-011-0081-2
- Ostojic, S. M., Mazic, S., & Dikic, N. (2006). Profiling in basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 740-744.
- Pieter, W. (1991). Performance characteristics of elite taekwondo athletes. *Korean Journal of Sport Science*, 3, 94-117.

- Pozo, J., Bastien, G., & Dierick, F. (2011). Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(14), 1553-1561. doi:10.1080/02640414.2011.605164
- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 44(4), 349-355.
- Scatone-Silva, R., Lessi, G. C., Lobato, D. F. M., & Serrão, F. V. (2012). Acceleration time, peak torque and time to peak torque in elite karate athletes. *Science & Sports*, 27(4), e31-e37. doi:10.1016/j.scispo.2011.08.005
- Sforza, C., Turci, M., Grassi, G. P., Shirai, Y. F., Pizzini, G., & Ferrario, V. F. (2002). Repeatability of mae-geri-keage in traditional karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. *Perceptual & Motor Skills*, 95(2), 433-444. doi:10.2466/pms.2002.95.2.433
- Shalfawi, S. A. I., Sabbah, A., Kailani, G., Tonnessen, E., & Enoksen, E. (2011). The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3088-3092. doi:10.1519/JSC.0b013e318212db0e
- VencesBrito, A. M., Rodrigues Ferreira, M. A., Cortes, N., Fernandes, O., & Pezarat-Correia, P. (2011). Kinematic and electromyographic analyses of a karate punch. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 21(6), 1023-1029. doi:10.1016/j.jelekin.2011.09.007
- Young Kwan, K., Yoon Hyuk, K., & Shin Ja, I. (2011). Inter-joint coordination in producing kicking velocity of Taekwondo kicks. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 31-38.